

胸部下行大動脈瘤手術に対する拍動流部分体外循環法に関する研究

— その有用性についての実験的並びに臨床的研究 —

伊 藤 敏 行

札幌医科大学外科学第2講座 (主任 小松作蔵 教授)

Comparative Studies of Pulsatile and Non-pulsatile Femoro-femoral Partial Bypass as an Adjunct for the Resection of Descending Thoracic Aortic Aneurysms

Toshiyuki ITOH

Department of Surgery (Section 2), Sapporo Medical College

(Chief : Prof. S. Komatsu)

The usefulness of the femoro-femoral (F-F) partial bypass as an adjunct for the resection of descending thoracic aortic aneurysms has been reported previously. There have, however, been no reports to date on the pulsatile F-F partial bypass with regard to patients with such pre-operative complications as renal dysfunction.

Experimental and clinical studies were performed to evaluate the effect of the pulsatile bypass on renal hemodynamics and renal function.

Experimental studies showed that the optimal flow rate in the pulsatile group was 40 ml/kg/min. and that the renal tissue blood flow of the group was significantly ($p < 0.01$) higher than that of the non-pulsatile group during aortic cross-clamping.

In clinical studies, in the post-operative course, the creatinine clearance of the pulsatile group was significantly higher than that of the non-pulsatile group, and the Angiotensin II of the former group was remarkably lower than that of the latter.

The present data suggest that the pulsatile F-F bypass is an effective method for maintaining the physiological condition of the distal organs during aortic cross-clamping.

(Received January 17, 1983 and accepted January 30, 1984)

Key words: Descending thoracic aortic aneurysms, Pulsatile femoro-femoral partial bypass, Renal tissue blood flow, Creatinine clearance, Physiological condition of the distal organs

1 結 言

胸部下行大動脈瘤の外科治療成績は、近年向上しつつあるが、これは外科手術手技の進歩¹⁾、人工血管の改良²⁾に加えて、補助手段法の発達に負うところが大きい。教室では従来より大腿動静脈部分体外循環法 (以下 F-F バイパス法) を用い、その有用性について報告してきた³⁾。しかし、最近、本症患者の高齢化に伴い腎機能障害をはじめ種々の合併症を有する症例も少なからず認められ、これら重症例に対してより安全に外科治療を行なうため拍動流体外循環の有用性に着目し^{4,5)} F-F

バイパス法にも拍動流の応用を試みた。

従来の非拍動流 F-F バイパス法では遮断末梢側循環は、いわゆる非生理的状态となり、遮断中枢側とは大きく異なった循環動態となる。拍動流 F-F バイパス法は、この血行動態上の不均衡を解消する方法として有用と考え、実験的には大動脈遮断の心機能に与える影響および腎血流量、腎組織血流量に関して、また臨床的には遮断末梢側の血管抵抗と術後腎機能を中心として非拍動流法と比較検討した。

2 実験的研究

2.1 実験方法 (Fig. 1.)

実験動物には体重 10~18 kg の雑種成犬 30 頭を用いた。塩酸ケタミン 5 mg/kg 筋注後、チオペンタール・ナトリウム 25 mg/kg を静注し、気管内挿管を行い空気による陽圧呼吸とした。胸骨正中切開の後、左鎖骨下動脈、左房、右大腿動脈に圧測定用カテーテルを留置し、それぞれの測定値を prox-BP, LAP, dist-BP とした。

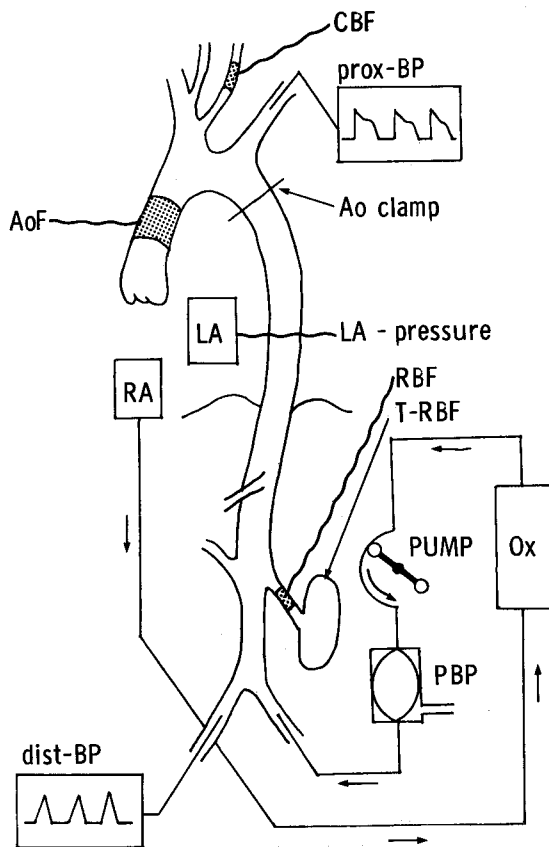


Fig. 1 Schematic representation of experimental method.

Legend: CBF, Carotid Blood Flow. T-RBF, Renal Tissue Blood Flow. LA, Left Atrium. RA, Right Atrium. dist-BP, Distal Blood Pressure. prox-BP, Proximal Blood Pressure to aortic cross-clamping. OX, Artificial oxygenator. PUMP, double roller pump. PBP, Pulsatile Bypass Pump-disposable balloon. Arrows represent directions of blood flow. The dotted area shows flow transducer.

血流量は電磁流量計 Narcomatic-RT 500 を用い測定した。Flow transducer を上行大動脈、左総頸動脈に、また腹部正中切開の後、一側腎動脈に装着し、それぞれ心拍出量 (AoF)、頸動脈血流量 (CBF)、腎血流量 (RBF) を測定した。なお心係数 (CI) は体重当りの心拍出量で、CBF, RBF は一測血流量を計算上、2 倍して体重当りの流量で表わした。

腎組織血流量 (T-RBF) は水素ガス clearance 法 (Unique Medical 社製) により測定した。すなわち、白金電極を腎の被膜下約 4 mm の深さに刺入した後、水素ガスを吹送吸入させ、吸入終了後、その clearance curve から Kety の理論式⁶⁾に基づいて T-RBF を算出した。測定値は、F-F バイパス前値を対照値として、これに対する比率 (%) で表わした。

体外循環には気泡型人工肺、ローラー・ポンプを使用し、充填液には同種新鮮血、5% ブドウ糖液、20% マンニトール液 (5 ml/kg) を用いて 20% 希釈とした。実験中の pH は重炭酸ソーダ液の適時追加によって 7.3~7.4 に維持した。

ヘパリン 2 mg/kg の静注後、送血カニューラを大腿動脈に挿入し、脱血カニューラは大腿静脈から右房まで進めた。一定バイパス灌流量で F-F バイパスを開始し、prox-BP が安定した時点で胸部下行大動脈を左鎖骨下動脈直下にて遮断し、以後 2 時間のバイパスを行った。バイパス灌流量は、A 群; 20 ml/kg/min. (n=10), B 群; 40 ml/kg/min. (n=10), C 群; 60 ml/kg/min. (n=10) の 3 群に分け、さらに各群を非拍動流群 (NP-群) と拍動流群 (P-群) の 2 群に分けて検討した。P-群では拍動流を得るため Kontron 社製 PBP ディスポーザブル・バルーン (PBP) を送血回路に組み込み、心電図をトリガーとして同期作動させた。

脱血は落差にて行ったが、大動脈遮断による心負荷について検討するため脱血量の調節は必要最小限にとどめ、この結果として F-F バイパス終了後にバイパス前値の血圧を目標に輸血を行い、バイパス前後で心機能を比較した。心機能の指標として分時左室仕事量 (LVWI) を次式によって求めた。

$$LVWI = CI \cdot (\text{prox-BP} - \text{LAP}) / 1000$$

統計学的処理は Student's t-test により行い、 $p < 0.05$ を有意とし、平均値は $M \pm S.D.$ で表わした。

2.2 実験結果

2.2.1 大動脈遮断中枢側血行動態 (Table 1, 2, 3, 4)

A 群 (灌流量 20 ml/kg/min) では大動脈遮断と同時に LAP (Table 1) は著しく上昇し、充分な心負荷軽減が得られなかったことは明らかで、CI (Table 2) は

Table 1 Mean Left Atrial Pressure (mmHg).significantly ($p < 0.001$) different among the three groups.

Group	pre-bypass	during F-F bypass				post-bypass 30 (min)
		30	60	90	120	
A (N=10)	14.1±2.7	33.6±6.7	31.9±6.1	31.6±5.7	30.6±5.8	29.8±5.5
B (N=10)	12.1±2.8	17.6±3.2	15.1±4.5	15.5±3.6	13.3±2.9	15.2±4.5
C (N=10)	13.0±2.2	5.1±1.8	5.3±1.6	4.7±1.8	4.5±2.0	14.1±2.3
M±S.D.						

Table 2 Cardiac Index (ml/kg/min.)

In Group C, the Cardiac Index remarkably decreased during F-F bypass.

In Group A, low Cardiac Index was recognized 30 min. post-bypass because of cardiac failure.

Group	pre-bypass	during F-F bypass				post-bypass 30 (min)
		30	60	90	120	
A (N=10)	101.1±14.70	81.1±13.96 [*]	65.1±15.32 [*]	69.7±16.41 [*]	63.5±6.26 [*]	64.1±12.61 ^{***}
B (N=10)	101.8±13.50	43.0±9.82 [*]	50.6±8.03 [*]	51.7±12.07 [*]	53.7±9.42 [*]	87.4±17.54 [*]
C (N=10)	98.1±14.78	28.4±6.97 [*]	28.6±4.88 [*]	30.2±7.10 [*]	29.4±5.50 [*]	101.4±21.59 [*]
* $p < 0.001$ ** $p < 0.02$ *** $p < 0.005$ M±S.D.						

Table 3 Time course of Carotid Blood Flow (ml/kg/min.).

In Group A, CBF significantly increased as compared with Groups B and C.

In Group B, the CBF decreased to 60% of the pre-bypass value.

Group	pre-bypass	during F-F bypass				post-bypass 30 (min)
		30	60	90	120	
A (N=10)	13.4±1.08	17.6±2.47 [*]	14.8±4.04 ^{**}	16.9±1.73 [*]	15.4±3.08 ⁺	11.5±2.54
B (N=10)	12.6±2.10	10.7±2.01 [*]	11.0±2.39 ⁺⁺	11.1±2.62 [*]	10.4±2.15 ⁺	10.7±2.17 [*]
C (N=10)	13.0±2.52	9.1±3.32 [*]	8.9±2.98 [*]	8.9±2.52 [*]	8.1±2.32 [*]	14.7±4.02 ^{**}
* $p < 0.05$ * $p < 0.001$ ++ $p < 0.005$ ** $p < 0.02$ M±S.D.						

Table 4 Comparison of LVWI.* significantly ($p < 0.001$) different from Group A.** significantly ($p < 0.02$) different from Group B.

Group	LVWI	
	Pre	Post
A (N=10)	8.6±1.35	3.1±1.29
B (N=10)	9.0±2.12	6.3±1.09*
C (N=10)	8.1±1.35	7.9±1.49**

対照値 101.1 ml/kg/min から大動脈遮断中, 81~63 ml/kg/min まで減少したものの遮断中柁側に対する血流量としてはむしろ過剰で, CBF (Table 3) は対照値 13.4 ml/kg/min から 17.6~14.8 ml/kg/min に増加した。B 群 (灌流量 40 ml/kg/min) では LAP は軽度上昇を認め, CI は対照値 101.8 ml/kg/min に対して遮断中, 43~53 ml/kg/min に減少したが CBF には大

きな増減は認められなかった。C 群 (60 ml/kg/min) の LAP は対照値 13 mmHg から 5 mmHg まで低下し, これに相当して CI は対照値 98.1 ml/kg/min から 28 ml/kg/min, CBF も 13 ml/kg/min から 9~8 ml/kg/min に低下した。

各バイパス灌流量で 2 時間の大動脈遮断後, LVWI は A 群では 8.6±1.35 から 3.1±1.29 に, B 群でも 9.0±2.12 から 6.3±1.02 に減少したが, C 群ではバイパス前後で差は認められなかった (Table 4)。以上の指標については各群内で NP-群と P-群との間に差はみられなかった。

2.2.2 大動脈遮断末梢側血行動態

遮断末梢側の灌流圧 (Table 5) は A 群では NP-群と P-群の間に差はなく, 両群とも 20~30 mmHg と著しく低下していた。B 群においては遮断 60 分後の時点を除いて P-群で有意に高値を示した。C 群では遮断早

Table 5 Mean Blood Pressure distal to aortic cross-clamping (mmHg).

In Group A, no significant differences between non-pulsatile and pulsatile groups were found all during F-F bypass. In Group B, the blood pressure of pulsatile group was significantly higher than that of non-pulsatile group at 30, 90, and 120 min. during bypass. In Group C, the values of non-pulsatile group were significantly higher than those of pulsatile group at 90 and 120 min.

Group	pre-bypass	during F-F bypass				post-bypass 30 (min)	
		30	60	90	120		
A	N P (N=5)	95.0±12.3	23.4± 3.4	26.8±3.5	22.8±2.2	23.6±2.9	76.0±17.3
	P (N=5)	104.0±15.0	28.2± 7.7	25.4±2.1	24.2±3.1	25.8±3.4	78.4± 6.7
B	N P (N=5)	100.6± 7.5	51.2± 3.9	54.8±3.6	52.6±1.5	49.4±2.0	87.6± 6.4
	P (N=5)	105.4±17.4	65.2± 8.0	62.2±7.2	63.8±7.2	58.6±4.2	87.8±11.5
C	N P (N=5)	96.2± 9.5	71.6± 5.7	68.6±8.6	70.6±7.1	74.6±3.6	90.2± 4.1
	P (N=5)	95.6± 7.6	65.0±12.2	61.2±4.0	58.6±5.8	62.0±6.2	95.0± 8.4
			* p<0.01	** p<0.02	*** p<0.005	M±S. D.	

* p<0.01 ** p<0.02 *** p<0.005 M±S.D.

期には差はなかったが90分でNP-群70.6±7.1 mmHg, P-群58.6±5.8(p<0.02), 120分ではNP群74.6±3.6, P-群62.0±6.2 (P<0.01)とNP-群で有意に高かった。

RBF (Table 6) はA群のNP-群とP-群との間に差を認めた。すなわち、遮断60分でNP-群2.2±0.71 ml/kg/min, P-群4.3±1.81 (P<0.05), 90分ではそれぞれ1.9±0.56, 3.8±1.08 (P<0.01)とNP-群で著しく低下した。バイパス終了後もNP-群では5.0±1.80 ml/kg/minと対照値の50%以下に低下したままであったが、P-群では7.3±1.38と有意 (P<0.05) に

高値を示した (Fig. 2)。他の2群ではNP-, P-群の両群間に差はなく、C群では、末梢側灌流圧は比較的良好と考えられたがRBFは対照値の50~60%の範囲にとどまっていた。

腎臓の末梢循環を反映するT-RBFは、RBFの結果と多少の不一致を示した (Table 7)。すなわち、A群ではRBFはP-群で有意に高かったが、T-RBFにはNP-, P-群間で差はなく、バイパス終了後も有意な改善はみられず対照値の37%に低下していた (Fig. 3)。B群では両群間でRBFに差はなかったにもかかわらずT-RBFはP-群で有意 (P<0.01) に高値を示した (Fig.

Table 6 Renal Blood Flow (ml/kg/min.).

In Group A, the difference in RBF between non-pulsatile and pulsatile groups brought about at 60 min. and 90 min. after the start of bypass was significant. At 30 min. after the bypass, the difference was also found to be significant (p<0.01). In Groups B and C, no significance between non-pulsatile and pulsatile groups was found.

Group		pre-bypass	during F-F bypass				post-bypass 30 (min)
			30	60	90	120	
A	N P (N=5)	11.3±2.20	2.6±0.53	2.2±0.71	1.9±0.56	1.9±0.52	5.0±1.80
	P (N=5)	11.5±1.68	3.7±1.54	4.3±1.81	3.8±1.08	3.2±1.61	7.3±1.38
B	N P (N=5)	10.0±1.14	4.8±1.86	4.6±1.12	5.0±1.94	4.6±1.98	6.6±2.32
	P (N=5)	11.3±2.11	6.7±1.65	4.9±1.94	5.6±1.78	6.5±1.07	7.3±0.43
C	N P (N=5)	10.3±1.50	7.0±0.91	5.6±1.83	5.6±0.67	5.5±0.70	6.5±0.71
	P (N=5)	10.7±1.19	5.4±0.98	5.6±1.65	5.5±0.62	5.4±0.75	6.5±0.91
					* p<0.05	** p<0.01	M±S. D.

* p<0.05 ** p<0.01 M±S.D.

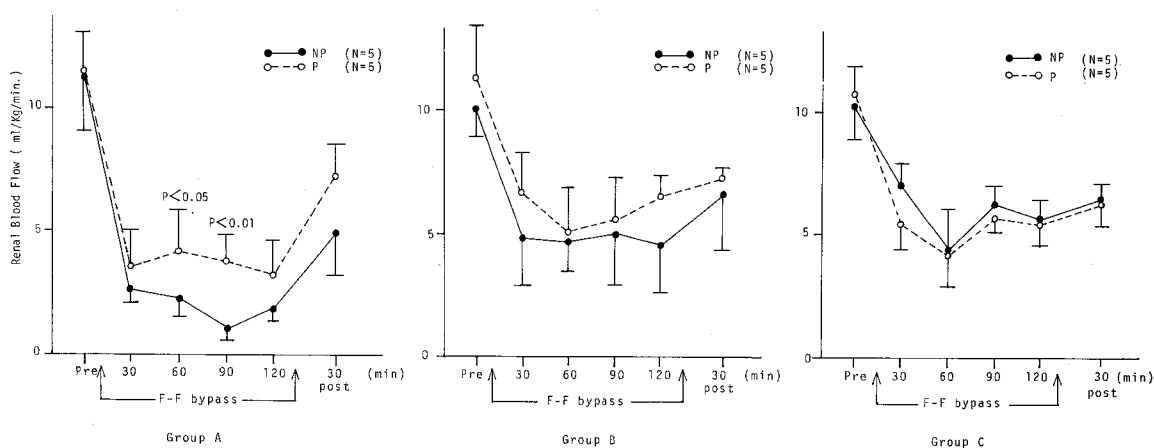


Fig. 2 Renal Blood Flow (ml/kg/min.). left side; Group A, middle; Group B, right side; Group C. In Group A, the RBF of the pulsatile group was significantly (60 min. $p<0.05$, 90 min. $p<0.01$) higher than that of the non-pulsatile group. In Groups B and C, there were no significant differences between nonpulsatile and pulsatile groups.

Table 7 Time course of changes in Renal Tissue Blood Flow
(% Ratio to pre-bypass value)

Group		during F-F bypass				post-bypass 30 (min)
		30	60	90	120	
A	N P (N=5)	17.9± 3.59	16.7± 2.11	17.5± 4.85	18.4± 4.78	37.0±19.50
	P (N=5)	18.2± 2.50	19.7± 2.84	21.1± 3.07	21.4± 2.91	37.6±13.20
B	N P (N=5)	78.8±18.02	80.5±11.86	91.1± 6.55	88.8± 9.39	97.8±21.95
	P (N=5)	126.3±25.20	125.2±23.94	113.2±12.38	116.6±15.44	117.7±21.62
C	N P (N=5)	101.2±40.59	112.0±24.81	102.3±22.31	97.6±17.50	98.6±30.45
	P (N=5)	101.9±26.51	119.4±10.06	110.5± 8.07	124.2±33.04	136.5±51.43

* $p<0.01$ M ± S.D.

4). C群ではバイパス中, 安定したRBFを示したが, T-RBFはNP-群で漸減する傾向が認められた (Fig. 5).

3 臨床的研究

3.1 対象および方法

1980年5月から1983年10月までの期間, F-Fバイパス法を補助手段として外科治療を施行した胸部下行大動脈瘤38例を対象とした (Table 8). このうちNP-群は15例, P-群は23例でNP-群に比しP-群では胸腹部大動脈瘤および解離性大動脈瘤の占める率が高かった. また, 両群間で術前心胸郭比 (CTR), 心係数 (CI), バイパス灌流量および時間, 大動脈遮断時間などに差はなかった (Table 9). 上肢血圧は右撓骨動脈, 下肢血圧は右大腿動脈または右足背動脈に圧測定用カ

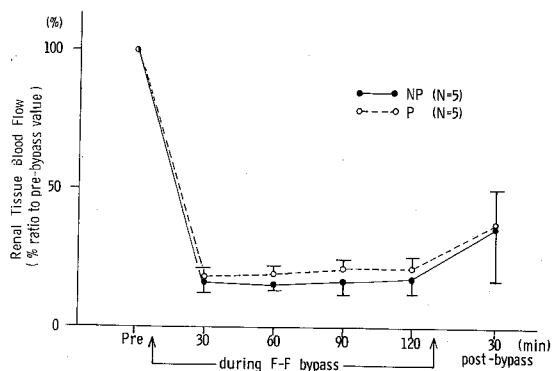


Fig. 3 Renal Tissue Blood Flow in Group A. Both pulsatile and non-pulsatile groups showed remarkably lowered T-RBF during F-F bypass.

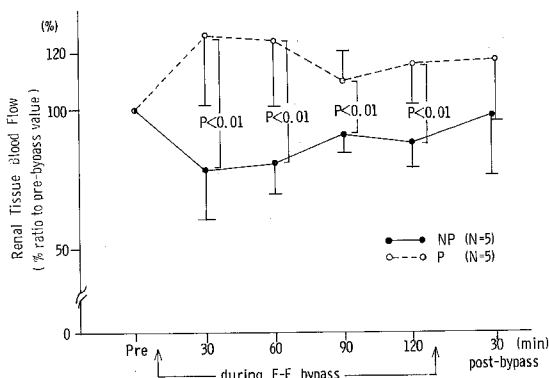


Fig. 4 Renal Tissue Blood Flow (T-RBF) in Group B. The T-RBF of the pulsatile group was significantly ($p < 0.01$) higher than that of the non-pulsatile group during F-F bypass.

Table 8 Surgical cases of descending thoracic aortic aneurysms using partial F-F bypass

() : death		
	Type of Aneurysm	No. of pt.
Non-pulsatile N = 15	Descending Thoracic	12(1)
	fusiform	8
	saccular	4
	DeBakey IIIb	3
	Thoraco-abdominal	1
	total	15(1)
Pulsatile N = 23	Descending Thoracic	9
	fusiform	9
	saccular	0
	DeBakey IIIa	1
	DeBakey IIIb	8
	Thoraco-abdominal	5(1)
	total	23(1)

ターテルを留置し、術中連続測定を行った。

体外循環充填液には同種新鮮血、5%ブドウ糖液、乳酸加リンゲル液を用い、20%希釈とした。ヘパリン2 mg/kgの静注後、送血カニューラは左大腿動脈に、脱血カニューラは左大腿静脈より右房まで挿入した。術中上肢血圧は脱血量の増減すなわち心前負荷の調節によって術前値を維持し、P-群では大動脈遮断中の下肢血圧の脈圧が30 mmHg以上となるようにPBP駆動装置で調節し、心電図と同期作動させた。

術中の血行動態の検索を10例について行った。すなわち、Swan-Ganzカテーテルを肺動脈内に留置し、肺動脈楔入圧(PCWP)、心拍出量(CO)を測定した。ま

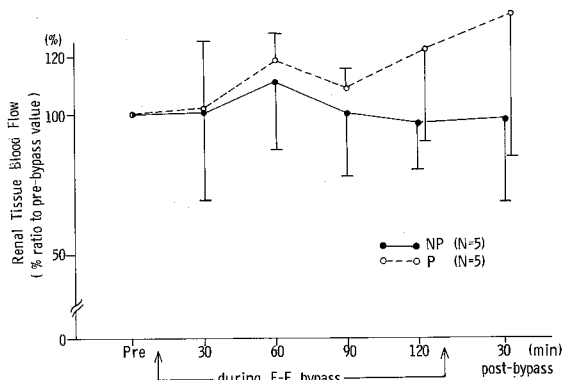


Fig. 5 Renal Tissue Blood Flow (T-RBF) in Group C. No significant difference between non-pulsatile and pulsatile groups was found.

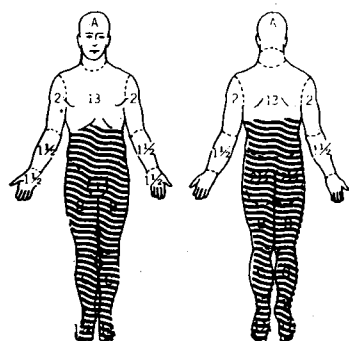
Table 9 Patient data

Factors	NP	P	t-test
No. of Pt.	15	23	
CTR(%)	52 ± 0.6	50 ± 2.1	N. S.
CI (L/m ²)	2.5 ± 0.1	2.4 ± 0.2	N. S.
total bypass time (min)	91 ± 13	100 ± 8	N. S.
aortic clamp time (min)	79 ± 11	92 ± 8	N. S.
perfusion flow (ml/kg/min)	33.6 ± 4.2	35.3 ± 2.3	N. S.

た大動脈遮断中の中枢側と末梢側の血管抵抗を別個に算出するため、各循環系における単位体表面積当りの血流量とその灌流圧から血管抵抗指数 (Resistance Index: RI) を設定し、遮断末梢側 RI (dist-RI) と中枢側 RI (prox-RI) との比、Resistance Index Ratio (RIR) を求めた。ここではLund-Browderの体表面積図から遮断中枢側の体表面積を全体の40%、末梢側を60%と推定した (Fig. 6)。

大動脈遮断のために分割された循環系も体液性には単一の循環系であることから、アンジオテンシン-IIの測定を行い、術前安静時の測定値に対する比率 (%) で表わした。

術前腎機能低下例は12例 (32%) で、Creatinine clearance (Ccr) 65 ml/min 未満をその基準とした。12例中NP-群、P-群ともに6例で、術後7日目までCcrの推移について検索した。



BSA: Body Surface Area
 prox. BSA = BSA \times 0.4 distal BSA = BSA \times 0.6
 R.I.; Resistance Index
 prox. R.I. = mBP / (C.O. / prox. BSA)
 distal R.I. = mBP / (Flow / distal BSA)
 R.I.R.; Resistance Index Ratio
 = distal R.I. / prox. R.I.

Fig. 6 Formula of Resistance Index Ratio. The diagram represents Lund-Browder's figure of body surface area. The shaded area shows the distal body surface area to aortic cross-clamping.

3.2 手術成績および結果

手術成績はNP-群 15 例中、早期死は 1 例 (6.7%) で食道内破裂により搬送された緊急手術例であった。また P-群 23 例では、早期死 1 例 (4.3%) で術後脳合併症によって失った (Table 8)。

術中血行動態の検索では平均 PCWP は NP-群で術前 12.4 ± 1.8 mmHg から大動脈遮断 15 分値 13.8 ± 2.6 , 30 分値 12.4 ± 1.3 , 60 分値 11.4 ± 2.3 と変化なく、P-群でもほとんど同様の経過を示した。術中の CO は NP-群では術前値 5.1 ± 0.8 L/min から 15 分値 3.5 ± 1.4 , 30 分値 2.8 ± 1.3 , 60 分値 2.9 ± 1.0 , P-群では術前値 5.0 ± 0.3 からそれぞれ 2.5 ± 0.1 , 3.0 ± 1.0 , 2.3 ± 0.8 と、両群間で有意差はなかった (Fig. 7)。

RIR は NP-群では症例によって変動が大きく、15 分値 2.1 ± 1.29 , 30 分値 3.1 ± 2.84 , 60 分値 2.9 ± 2.06 であった。P-群では、それぞれ 1.1 ± 0.34 , 1.2 ± 0.36 , 1.7 ± 1.00 と比較的安定した値を示した (Fig. 8)。

アンジオテンシン-II は NP-群で術中上昇傾向を示し、術後 6 時間、24 時間後とも高値を維持した。P-群では F-F バイパスの開始とともに低下し術後 6 時間後も有

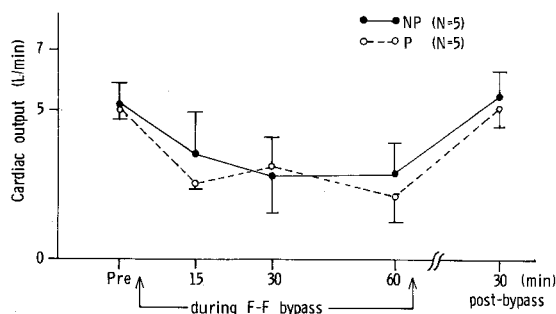


Fig. 7 Cardiac output during aortic cross-clamping. There was no significant difference between non-pulsatile and pulsatile groups.

意 ($P < 0.05$) に低値であった。また、バイパスによる希釈の影響がほとんど消失したと思われる 24 時間後の測定値でも P-群では有意 ($P < 0.005$) に低値を示した (Fig. 9)。

術中尿量については両群間で差はなかったが、NP-群では症例間でバラツキが大きかった (Fig. 10)。30 分間尿量が 1 ml/kg 以下の場合利尿剤を使用した P-群に比し NP-群で頻度が高かった。

腎機能が正常と考えられた症例のうち、術後 1 週間以内に血清クレアチニン値が 1.5 mg/dl 以上に上昇した症例は、NP-群 8 例中 2 例 (25.0%) で、P-群 16 例中 2 例 (12.5%) に比して高率であった。また、術前腎機能低下例の Ccr の術後推移 (Fig. 11) では、術後 1 日目 NP-群 33.9 ± 12.3 ml/min, P-群 60.9 ± 20.9 ($P < 0.05$), 3 日目にはそれぞれ 31.6 ± 4.3 , 62.7 ± 19.6 ($P < 0.005$), 7 日目 32.6 ± 6.4 , 59.6 ± 19.5 ($P < 0.01$) と P-群で有意に高値であった。

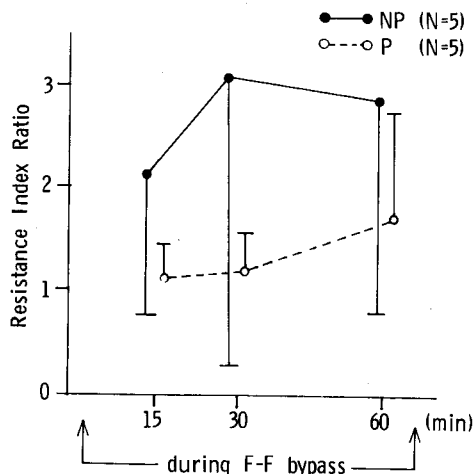


Fig. 8 Resistance Index Ratio during aortic cross-clamping

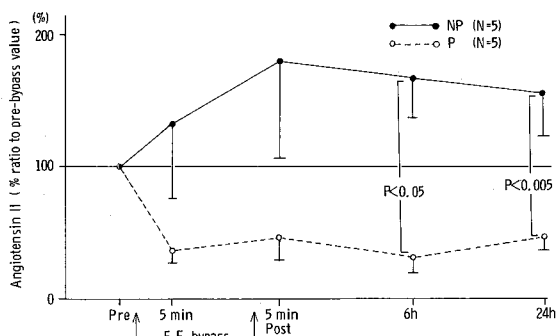


Fig. 9 Comparison of Angiotensin II between non-pulsatile and pulsatile groups. There was a tendency to increase in the concentration of the Angiotensin II of non-pulsatile group all during F-F bypass. In pulsatile group, the Angiotensin II was significantly lower than that in non-pulsatile in post-operative 24-hr. period.

4 考 案

胸部下行大動脈瘤切除，人工血管置換術には大動脈の遮断が必須となる。単純遮断のみでは心負荷の増大，遮断末梢側臓器の虚血は避けられず，いかなる補助手段を用いるかは外科治療成績の向上のためにも重要な課題である。今日まで体外循環を使用する方法として，左心バイパス法^{7,8)}，F-F バイパス法^{9,10)}が，また手術手段の簡素化，手術時間の短縮，抗凝血剤を使用しないなど種々の目的によって，電気的細動法¹¹⁾，内シャント法¹²⁾，一時的外シャント法¹³⁾，脳脊髄液吸引法¹⁴⁾，その他¹⁵⁾など多岐に亘って考案，工夫を重ねられてきている。以上の中でF-F バイパス法は右房あるいは下大静脈からの落差脱血量の調節によって心負荷を容易に軽減できること，遮断末梢側の灌流量が確実に得られること，術野の出血を人工肺内に回収できること，および緊急手術に対処しうるなどから最も有用な補助手段法と考えられる³⁾。

遮断中枢側の血行動態について，実験的に Roberts *et al.* は灌流量 60 ml/kg/min の F-F バイパス法で，心拍出量と左室仕事量の減少を認め，同時に radioactive microsphere 法によって心筋血流量を測定した結果，その増減はなかったという¹⁶⁾。Hug and Taber も大動脈遮断中の心負荷軽減には左房から 60 ml/kg/min 以上の還流量を得ることが必要であると報告している¹⁷⁾。著者の動物実験でもほぼ同様の結果が得られ，2 時間におよぶ大動脈の遮断後においても C 群 (60 ml/kg/min) で良好な左室機能の回復をみている。しかし

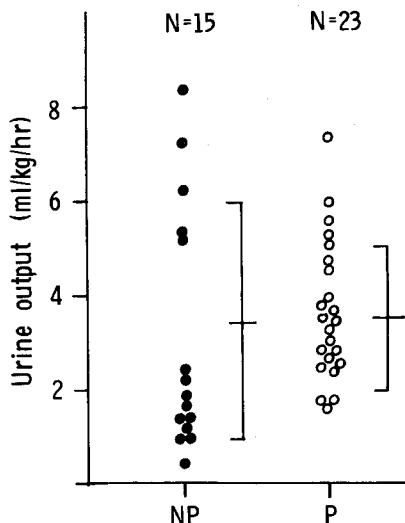


Fig. 10 Comparison of Urine output during aortic cross-clamping.

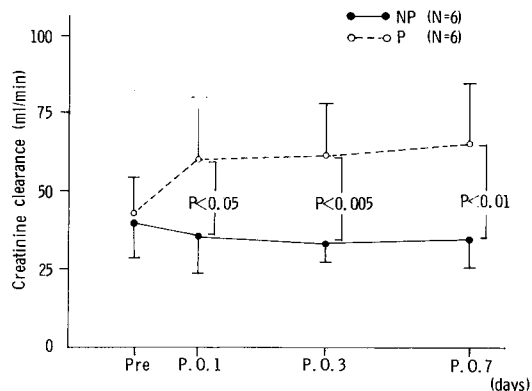


Fig. 11 Post-operative creatinine clearance changes in non-pulsatile and pulsatile groups. There was a significant increase in the creatinine clearance of pulsatile group in post-operative 7-day period.

ながら頸動脈血流量は B 群 (40 ml/kg/min) では遮断中，変化なく経過したのに対して，C 群では対照値の 60~70%まで減少しており，脳血流量の面からみると B 群がより適当と考えられた。

心拍出量の減少に関しては臨床的検索でも大動脈の遮断中は術前値の 50~60%と著しい低下をみたが，これは遮断以下の末梢血管床の減少による必然的な結果と考えられ，このことは術中の心電図になら変化なく，術後心機能に起因する合併症も全くみられなかったことから安全な補助手段法であることが裏づけられた。

RIR は遮断末梢側の血管抵抗を中枢側に対する比で表したものであるが、非拍動流群では RIR の増加が著しく、しかも不安定であった。術中、中枢側の血管抵抗が術前と同等であったと仮定すると、大動脈遮断中の末梢側の血管抵抗は非拍動流群では 2~3 倍に上昇していたことを意味する。また、臨床上、遮断解除にあたり血圧の低下を防止するため、その直前に一時的に上肢血圧を 150 mmHg 前後まで上昇させるが、それにもかかわらず非拍動流群では高頻度に血圧の降下を認めた。これらの点から非拍動流群では遮断中枢側と末梢側の血管抵抗の不均衡が拍動流群に比し大きかったものと考えられる。

腎臓はその自動調節機構により、広範囲の灌流圧に対応して腎血流量を一定に保っている¹⁸⁾。これに対して腎皮質血流量は自律神経系¹⁹⁾をはじめとしてヘマトクリット²⁰⁾、レニン-アンジオテンシン系²¹⁾、利尿剤²²⁾などによって影響を受けるとされている。著者の実験結果では、とくにバイパス灌流量 40 ml/kg/min の非拍動流群と拍動流群との間で腎血流量に差はみられなかったものの、腎組織血流量は遮断 30 分後の時点から拍動流群で有意に良好であった。Many *et al.* は 1 時間以上の腎の非拍動流灌流で腎内レニン濃度の上昇を認め²³⁾、Goodman *et al.* は非拍動流による腎皮質血流量の減少はこのレニン増加のための二次的なものと推測している²⁴⁾。また German *et al.* は腎静脈血中の乳酸値を検討し、たとえ 80 ml/kg/min の高灌流量であっても非拍動流では早期から腎末梢循環不全をきたすが、拍動流ではより低灌流量でも良好であるとしている²⁵⁾。German *et al.* の報告は拍動流それ自体の腎に対する作用と考えられ、著者の動物実験でも拍動流群では早期から腎末梢循環すなわち腎組織血流量が良好に保持されていたことから、拍動流の末梢循環に対する直接的な効果と考えられた。

体外循環とその後の腎不全の発生について²⁶⁾は体外循環時間、患者の年齢などと相関し、また潜在的な腎機能障害を有する場合には、その発生率はさらに高くなるという。術前腎機能低下を認めた 12 例中、術後重篤な腎不全の発生をみたものはなく、しかも拍動流群では術後 7 日間に亘る観察からみて、かえって腎機能の改善を認めた症例が多かった。アンジオテンシン-II は拍動流群で術後有意に低下していた。糸球体濾過率を直接的に調節する物質として、Ausliello *et al.* はアンジオテンシン-II とバゾプレッシンを報告している²⁷⁾すなわち、これらの物質によって糸球体メザンジウム細胞の収縮を *in vitro* で観察したが、仮にこの反応が

生体内でも起こり、さらに可逆的であるならば、今回の拍動流群での腎機能改善に対して、一つの意味づけがなされるものと考えられた。

臨床的には F-F バイパス中、利尿剤としてフロセマイドの投与を適時行ったが体外循環中のフロセマイド投与について、Engelman *et al.* は腎血流量および腎皮質血流量の増加作用を報告し、術中、尿量の多少にかかわらず全例に投与することを勧めている²⁸⁾。しかしながら、利尿剤によって腎内 feedback 機構²⁹⁾が働くことで逆に腎機能が抑制されることから本薬剤の使用には慎重であるべきで、また非拍動流群では術後も利尿剤の使用頻度は高く、両群間で術後腎機能の比較を厳密に行う場合は注意が必要と考えられた。

以上、これらの結果を有機的に関連づけることは現段階では困難であるが、拍動流 F-F バイパス法は腎組織血流分布および腎末梢循環に対して改善効果をもち、一つ、あるいはいくつかの体液性因子の総合作用によって術後腎機能の改善がもたらされたものと考えられる。

5 結 論

実験的に拍動流 F-F バイパス法については遮断中枢側血行動態および腎組織血流量の検討によって、バイパス灌流量 40 ml/kg/min が妥当と考えられた。

臨床的には最近 3 年間に経験した胸部下行大動脈瘤 38 例に対して F-F バイパス法を施行し、早期死亡は 2 例(5.3%)であった。このうち拍動流 F-F バイパス法は 23 例に対して行ない、その効果を術前腎機能低下例において認めることができたが、その機序として腎組織血流量および体液性因子の関与が考えられた。

拍動流 F-F バイパス法は大動脈遮断末梢側循環をより生理的に維持し、術後経過にも好影響を与える有用な補助手段である。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました小松作蔵教授に深甚なる謝意を表します。また直接御指導、御助言をいただいた数井剛久講師、佐々木孝助手、星野豊助手さらに教室諸兄、研究補助の方々に感謝いたします。

文 献

1. Crawford, E. S., Walker, H. S. J., Saleh, S. A., Normann, N. A.: Graft replacement of aneurysm in descending thoracic aorta: Results without bypass or shunting. *Surgery*. **89**, 73-85 (1981).
2. DeBakey, M. E., Jordan, G. L., Abbott, J. P., Halpert, B. and O'Neal, R. M.: The fate of dacron vascular grafts. *Arch. Surg.* **89**, 757-782

- (1964).
3. 数井暉久, 岡本史之, 横山秀雄, 山田 修, 山口 保, 山岸真理, 高田憲一, 大野猛三, 安達博昭, 大堀克己, 田中信行, 小松作蔵: 部分体外循環法による胸部下行大動脈瘤の外科治療. 日胸外会誌 **28**, 1751-1758 (1980).
 4. Williams, G. D., Seifen, A. B., Lawson, N. W., Norton, J. B., Redinger, R. I., Dungan, T. W. and Callaway J. K.: Pulsatile perfusion versus conventional high-flow non-pulsatile perfusion for rapid core cooling and rewarming of infants for circulatory arrest in cardiac operation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **78**, 667-677 (1979).
 5. Pappas, G., Winter, S. D. and Kopriva, C. T.: Improvement of myocardial and other vital organ functions and metabolism with a simple method of pulsatile flow (IABP) during clinical cardiopulmonary bypass. *Surgery* **77**, 34-44 (1975).
 6. Aukland, K., Bower, B. F. and Berliner, R. W.: Measurement of local blood flow with hydrogen gas. *Circ. Res.* **14**, 164-187 (1964).
 7. Crawford, E. S. and Rubio, P. A.: Reappraisal of adjuncts to avoid ischemia in the treatment of aneurysms of descending thoracic aorta. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **66**, 693-704 (1973).
 8. Connolly, J. E., Wakabayashi, A. German, J. C., Stemmer, E. A. and Serres, E. J.: Clinical experience with pulsatile left heart bypass without anticoagulation for thoracic aneurysms. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **62**, 568-576 (1971).
 9. Neville, W. E., Cox, W. D., Leininger, B. and Pifarre, R.: Resection of the descending thoracic aorta with femoral vein to femoral artery oxygenation perfusion. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **56**, 39-42 (1968).
 10. May, I. A., Ecker, R. R. and Iverson, L. I. G.: Heparinless femoral venoarterial bypass without an oxygenator for surgery on the descending thoracic aorta. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **73**, 387-392 (1977).
 11. 和田寿郎, 金子正光, 武田道夫, 杉井重雄, 小松作蔵: 大動脈瘤切除術における血行遮断術の一新法. 外科治療 **19**, 368-380, (1968).
 12. Lam, C. R. and Aram, H. H.: Resection of the descending thoracic aorta for aneurysm. *Ann. Surg.* **134**, 743-752 (1951).
 13. Laurence, G. H., Hessel, E. A., Sauvage, L. R. and Krause, A. H.: Results of the use of the TDMAC-heparin shunt in the surgery of aneurysms of the descending thoracic aorta. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **73**, 393-398 (1977).
 14. 宮本 清: 胸部下行大動脈移植とくに麻痺防止に関する研究. 胸部外科 **12**, 609-618 (1956).
 15. Parkins, W. M., Ben, M. and Vars, H. M.: Tolerance of temporary occlusion of the thoracic aorta in normothermic and hypothermic dogs. *Surgery* **38**, 38-47 (1955).
 16. Roberts, A. J., Nora, J. D., Hugher, W. A., Quintanilla, A. P., Ganote, C. E., Sanders, J. H., Moran, J. M. and Michaelis, L. L.: Cardiac and renal responses to crossclamping of the descending thoracic aorta. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **86**, 732-741 (1983).
 17. Hug, H. R. and Taber, R. E.: Bypass flow requirements during thoracic aneurysmectomy with particular attention to the prevention of left heart failure. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **57**, 203-213 (1969).
 18. Thureau, K.: Renal hemodynamics. *Am. J. Med.* **36**, 698-719 (1964).
 19. Pomeranz, B. H., Birtch, A. G. and Barger, A. C.: Neural control of intrarenal blood flow. *Am. J. Physiol.* **215**, 1067-1081 (1968).
 20. Migdal, S., Alexander, E. A. and Bruns, F. J.: Effects of hemodilution on the distribution of renal blood flow. *Circ. Res.* **36**, 71-75 (1975).
 21. Berkowitz, H. S., Galvin, C. C. and Miller, L. D.: The control of renal cortical perfusion by the renin angiotensin system. *Ann. Surg.* **179**, 238-245 (1974).
 22. Birtch, A. G., Zakheim, R. M., Jones, L. G. and Barger, A. C.: Redistribution of renal blood flow produced by furosemide and ethacrynic acid. *Circ. Res.* **21**, 869-878 (1967).
 23. Many, M., Giron, F., Birtwell, W. C., Deterling, Jr. R. A. and Soroff, H. S.: Effects of depulsation of renal blood flow upon renal function and renin secretion. *Surgery* **66**, 242-249 (1969).
 24. Goodman, T. A., Gerard, D. F., Bernstein, E. F. and Dille, R. B.: The effects of pulseless perfusion on the distribution of renal cortical blood flow and on renin release. *Surgery* **80**, 30-39 (1976).
 25. German, J. C., Chalmers, G. S., Hirai, J., Mukherjee, N. D., Wakabayashi, A. and Connolly, J. E.: Comparison of nonpulsatile and pulsatile extracorporeal circulation on renal tissue perfusion. *Chest* **61**, 65-69 (1972).
 26. Abel, R. M., Buckley, M. J., Austen, W. G., Barnett, G. O. Beck, C. H. and Fischer, J. E.: Etiology, incidence, and prognosis of renal failure following cardiac operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **71**, 323-333 (1976).

27. Ausiello, D. A., Kreisberg, J. I., Roy, C. and Karnovsky, M. J.: Contraction of cultured rat glomerular cells of apparent mesangial origin after stimulation with angiotensin II and arginine vasopressin. *J. Clin. Invest.* **65**, 754-760 (1980).
28. Engelman, R. M., Gouge, T. H., Smith, S. J., Stahl, W. M., Gombos, E. E. and Boyd, A. D.: The effect of diuretics on renal hemodynamics during Cardiopulmonary bypass. *J. Surg. Res.* **16**, 268-276 (1974).
29. Thureau, K.: Acute renal success. *Am. J. Med.* **61**, 308-315 (1976).

別刷請求先:

(〒060) 札幌市中央区南1条西16丁目

札幌医科大学外科学第2講座 伊藤敏行